

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
**Нижнетагильский технологический институт (филиал)**

УТВЕРЖДАЮ

Директор

В.В. Потанин

«28» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Модуль:</b> Моделирование производственных процессов в теплоэнергетике	<b>Код модуля: М.1.10</b>
<b>Образовательная программа:</b> Цифровые технологии в управлении промышленными процессами	<b>Код ОП</b> 09.04.03/33.04
<b>Направление подготовки:</b> Прикладная информатика	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 09.04.03

Нижний Тагил

2023

Программа модуля и программы дисциплин составлены авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Лапина Александра Юрьевна		Зам.директора Школы магистратуры	Школа магистратуры
2	Дубских Павел Олегович		Главный инженер ТЭЦ	АО «ЕВРАЗ НТМК»

Руководитель модуля «согласовано в электронном виде»

А.Ю. Лапина

**Рекомендовано:**

Учебно-методическим советом НТИ (филиал) УрФУ

Председатель учебно-методического совета

«согласовано  
в электронном виде»

М.В. Миронова

Протокол № 6 от 28 июня 2023 г.

**Согласовано:**

Руководитель ОП

«согласовано  
в электронном виде»

Р.А. Карелова

Начальник ОООД

«согласовано  
в электронном виде»

С.Е. Четвериков

Инженер (ведущий) РИОЦ

«согласовано  
в электронном виде»

А.В. Катаева

## Раздел 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ: **Моделирование производственных процессов в теплоэнергетике**

### 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является частью образовательной траектории «Цифровые технологии в теплоэнергетике» и состоит из дисциплин «Цифровая энергетика», «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов». Содержание этих дисциплин направлено на изучение современных технологий и методов в области электроэнергетики и электротехники, с пониманием и применением цифровых решений в энергетике, на изучение различных подходов и алгоритмов для оптимизации передачи электроэнергии, а также принципов управления и контроля работы сетей и оборудования, особенностей цифровой трансформации сетей, включая внедрение смарт-сетей и управление нагрузкой.

При реализации дисциплин модуля могут быть использованы традиционные или смешанные технологии обучения (онлайн курсы, с использованием ЭОР).

### 1.2. Структура и объем модуля

№ п/п	Перечень дисциплин модуля	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах и часах	Форма итоговой промежуточной аттестации по дисциплинам модуля и в целом по модулю
1	Цифровая энергетика	4/144	Зачет, Зачет, Курсовая работа
2	Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов	3/108	Зачет
ИТОГО по модулю:		7/252	не предусмотрено

### 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	Технологические процессы в теплоэнергетике
Постреквизиты и корреквизиты модуля	Технологии разработки и внедрения ИТ-инноваций

### 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Изучение дисциплин модуля предусматривает формирование компетенций посредством последовательного освоения результатов обучения на определенном уровне сложности содержания.

Результаты обучения по дисциплине – это конкретные знания, умения, опыт и другие результаты (содержательные компоненты компетенций), которых планируется достичь на этапе изучения дисциплины модуля и которые должны будут продемонстрированы обучающимися и оценены преподавателем по индикаторам/измеряемым критериям,

включенным в формулировку результатов обучения.

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины.

Индикаторы учитываются при выборе и составлении заданий контрольно-оценочных мероприятий (оценочных средств) текущей и промежуточной аттестации.

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Цифровая энергетика	ПК 7. Способен применять цифровые технологии для моделирования и исследования узлов и механизмов технологического оборудования, процессов теплоэнергетики и теплотехники	<p><b>Знания:</b>            3.1 – методы систематизации и обобщения информации по формированию и использованию ресурсов предприятия            3.2 – современные языки программирования и языки работы с базами данных, среды разработки информационных систем и технологий</p> <p><b>Умения:</b>            У.1 – использовать информационные технологии и базы данных в профессиональной деятельности</p> <p><b>Владения:</b>            В.1 – навыками решения стандартных задач в области профессиональной деятельности с использованием алгоритмизации и программирования</p>
Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов	ПК 7. Способен применять цифровые технологии для моделирования и исследования узлов и механизмов технологического оборудования, процессов теплоэнергетики и теплотехники	<p><b>Знания:</b>            3.1 – стадии проектирования систем автоматизации            3.2 – математические модели теплоэнергетических процессов, а также численные методы их реализации            3.3 – средства обеспечения и обработки результатов вычислительных экспериментов в программной системе            3.4 – модели и алгоритмы принятия решений, отличающиеся возможностью целенаправленного выбора значений технологических параметров, соответствующих требуемому уровню качества тепловых процессов</p> <p><b>Умения:</b>            У.1 – формировать классифицированную базу данных о состоянии электроэнергетических объектов и систем для построения информационных моделей            У.2 – использовать технологии цифровых двойников для моделирования работы электроэнергетических объектов и систем</p>

		У.3 – планировать производство и организацию технологического процесса в цехе <b>Владения:</b> В.1 – навыком оптимизации работы объектов профессиональной деятельности В.2 – навыками анализа проблематики оперативного выбора оптимальных параметров технологического процесса
--	--	--

### 1.5. Форма обучения

Реализация модуля возможна для обучающихся по очной, очно-заочной и заочной формам.

## РАЗДЕЛ 2. ПРОГРАММЫ МОДУЛЯ Моделирование производственных процессов в теплоэнергетике

### 2.1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «Цифровая энергетика»

#### 2.2.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «Цифровая энергетика»

##### 2.2.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины «Цифровая энергетика»

Традиционная (репродуктивная) технология, смешанное обучение.

##### 2.2.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине «Цифровая энергетика»

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК 7. Способен применять цифровые технологии для моделирования и исследования узлов и механизмов технологического оборудования, процессов теплоэнергетики и теплотехники	<b>Знания:</b> 3.1 – методы систематизации и обобщения информации по формированию и использованию ресурсов предприятия 3.2 – современные языки программирования и языки работы с базами данных, среды разработки информационных систем и технологий <b>Умения:</b> У.1 – использовать информационные технологии и базы данных в профессиональной деятельности <b>Владения:</b> В.1 – навыками решения стандартных задач в области профессиональной деятельности с использованием алгоритмизации и программирования

##### 2.1.1.3. Содержание дисциплины: «Цифровая энергетика»

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Цифровые двойники в электроэнергетике	Понятия цифрового двойника и информационного моделирования в электроэнергетике. Нормативная документация в предметной области. ГОСТ Р 57700.37-2021 «Цифровые

		двойники изделий» и Протокол МЭК 61850.
<b>P2</b>	Цифровой электрический привод	Управление, структурные модели. Анализ устойчивости и качества. Метод синтеза цифровых приводов. Период квантования непрерывных сигналов.
<b>P3</b>	Токовые и дифференциальные цифровые защиты	Построение ступени МТЗ с независимой выдержкой времени. Использование пусковых и блокирующих сигналов в МТЗ. Токовая защиты обратной последовательности. Рассмотрение основных типов цифровых защит, дифференциальных на основе сравнения токов, торможения сравнимыми токами. Разбор устройства и работы дифференциальной цифровой защиты трансформатора.

#### 2.1.1.4. Язык реализации программы:

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации

### 2.1.2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: «Цифровая энергетика»

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Макаров, В. Г. Концепция управления цифровыми подстанциями будущего : учебное пособие : [16+] / В. Г. Макаров, И. М. Валеев ; Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2019. – 152 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=612961> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-2587-6. – Текст : электронный.

2. Рысев, Д. В. Информационные основы диспетчерского управления в энергетике : учебное пособие : [16+] / Д. В. Рысев, П. В. Рысев, Л. Д. Федорова ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 112 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682335> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3032-3. – Текст : электронный.

3. Топильский, В. Б. Схемотехника аналого-цифровых преобразователей : учебное издание : учебное пособие / В. Б. Топильский. – Москва : Техносфера, 2014. – 290 с. : ил., схем., табл. – (Мир электроники). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=273796> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-94836-383-7. – Текст : электронный.

4. Симаков, Г. М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе : учебное пособие : [16+] / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 211 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228924> – ISBN 978-5-7782-2210-6. – Текст : электронный.

5. Рысев, Д. В. Информационные основы диспетчерского управления в энергетике : учебное пособие : [16+] / Д. В. Рысев, П. В. Рысев, Л. Д. Федорова ; Омский государственный технический университет. – Омск : Омский государственный технический университет (ОмГТУ), 2020. – 112 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=682335> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8149-3032-3. – Текст : электронный.

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС «Энергоэффективность») - <http://gisee.ru>

Известия Российской Академии наук. Энергетика - <https://sciencejournals.ru/journal/izen/>

Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика» <http://tepen.ru/>

### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а так же в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### 2.1.2. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Цифровая энергетика»

№ п\п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий.	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	– Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office
2	Практические занятия Консультации Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	– Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office
3	Самостоятельная работа студентов	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	– Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office

## 2.2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»

### 2.2.1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»

#### 2.2.1.1. Технологии обучения, используемые при изучении дисциплины «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»

Традиционная (репродуктивная) технология, смешанное обучение.

#### 2.2.1.2. Планируемые результаты обучения (индикаторы) по дисциплине «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
ПК 7. Способен применять цифровые технологии для моделирования и исследования узлов и механизмов технологического оборудования, процессов теплоэнергетики и теплотехники	<p><b>Знания:</b>            3.1 – стадии проектирования систем автоматизации            3.2 – математические модели теплоэнергетических процессов, а также численные методы их реализации            3.3 – средства обеспечения и обработки результатов вычислительных экспериментов в программной системе            3.4 – модели и алгоритмы принятия решений, отличающиеся возможностью целенаправленного выбора значений технологических параметров, соответствующих требуемому уровню качества тепловых процессов</p> <p><b>Умения:</b>            У.1 – формировать классифицированную базу данных о состоянии электроэнергетических объектов и систем для построения информационных моделей            У.2 – использовать технологии цифровых двойников для моделирования работы электроэнергетических объектов и систем            У.3 – планировать производство и организацию технологического процесса в цехе</p> <p><b>Владения:</b>            В.1 – навыком оптимизации работы объектов профессиональной деятельности            В.2 – навыками анализа проблематики оперативного выбора оптимальных параметров технологического процесса</p>

#### 2.2.1.3. Содержание дисциплины: «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
Р1	Разработка цифровых и информационных моделей	Описание принципов информационного моделирования. Понятие адекватности и верификации модели. Цифровые среды разработки информационных и математических моделей



	электроэнергетических объектов	электроэнергетических объектов. Принципы использования математических моделей при работе с энергетическими объектами. разработка электрической схемы. Параметры расчёта. Моделирование и проверка работоспособности. База данных сигналов системы.
<b>P2</b>	Разработка модели АВР в рамках систем автоматизированного проектирования	Алгоритмы управления энергетической системой. Модели электроэнергетических объектов.
<b>P3</b>	Методы организации производственных процессов на электроэнергетических объектах	Интерфейсы цифровых двойников. Искусственный интеллект для решения задач оптимизации. Машинное обучение в технологиях цифровых двойников для электроэнергетических объектов и АСУП.
<b>P4</b>	Анализ данных режимов работы ЭЭ объектов	Системы связи на подстанциях и требования к связи для функций и моделей устройств согласно ГОСТ Р МЭК 61850-5-2011. Формирование баз данных в электроэнергетических системах. Парсинг данных. Настройка сред для обработки данных. Основы постановки задачи для создания цифрового двойника. Анализ работы системы машинного обучения цифрового двойника АСУП. Построение и анализ энергетических характеристик. Составление структуры модели и анализ выходных результатов.

#### 2.1.1.4. Язык реализации программы:

Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации

### 2.1.3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Крутиков, В. Н. Методы оптимизации : учебное пособие : [16+] / В. Н. Крутиков. – Кемерово : Кемеровский государственный университет, 2011. – 92 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232682> – ISBN 978-5-8353-1132-3. – Текст : электронныйсхем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576397>

2. Иванов, В. В. Математическое моделирование : учебное пособие : [16+] / В. В. Иванов, О. В. Кузьмина ; Поволжский государственный технологический университет. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2022. – 116 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=696353>– Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8158-2246-7. – Текст : электронный.

3. Истягина, Е. Б. Математическое моделирование : учебное пособие : [16+] / Е. Б. Истягина, А. А. Пьяных, Т. А. Пьяных ; Сибирский федеральный университет. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2022. – 124 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=705697> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-4557-0. – Текст : электронный.

4. Авдюнин, Е. Г. Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок : учебник : [16+] / Е. Г. Авдюнин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 185 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564841> – Библиогр.: с. 182. – ISBN 978-5-9729-0297-2. – Текст : электронный.

5. Авдюнин, Е. Г. Источники и системы теплоснабжения : тепловые сети и тепловые пункты : учебник : [16+] / Е. Г. Авдюнин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 301 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564782> –

Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0296-5. – Текст : электронный.

6. Авдюнин, Е. Г. Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок : учебник : [16+] / Е. Г. Авдюнин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. – 185 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=564841> – Библиогр.: с. 182. – ISBN 978-5-9729-0297-2. – Текст : электронный.

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности (ГИС «Энергоэффективность») - <http://gisee.ru>

Известия Российской Академии наук. Энергетика - <https://sciencejournals.ru/journal/izen/>

Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика»

<http://tepen.ru/>

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а так же в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **2.1.3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Моделирование производственных процессов на основе средств обеспечения вычислительных экспериментов»**

№ п\п	Вид занятий	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий.	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	– Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office
2	Практические занятия Консультации Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения практических занятий, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный	– Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office

			экран/доска.	
3	Самостоятельная работа студентов	Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов, рабочее место преподавателя, доска аудиторная. Компьютерная техника: комплект проекционного оборудования: ноутбук/компьютер, проектор, проекционный экран/доска.	– Операционная система Windows, офисный пакет Microsoft Office